

UPRAVLJANJE UREĐAJEM ZA HLAĐENJE MOŠTA

CONTROL OF WINE MUST COOLING DEVICE

Marin Cerovečki¹, Antonia Pender², Toni Bjažić²

¹Fakulteto za elektrotehniko, računalništvo in informatiko, Maribor, Slovenija, Student

²Tehničko veleučilište u Zagrebu, Vrbik 8, Zagreb, Hrvatska

Sažetak

U članku smo prikazali analizu uređaja za hlađenje mošta i razvoj upravljačkog sustava pomoću mbed FRDM KL25Z mikroupravljača i ostalih korištenih upravljačkih komponenti i modula. Upravljački sustav razvijen je u okviru završnog rada na preddiplomskom stručnom studiju Mehatronike, Tehničkog veleučilišta u Zagrebu. Radi lakšeg razumijevanja, prikazali smo sastavne dijelove uređaja za hlađenje mošta, objasnili princip rada kao i potrebu za sustavom upravljanja. Opisali smo način spajanja komponenti i modula upravljačkog sustava. Tiskana pločica projektirana je u programskom alatu CircuitMaker-u. Mikroupravljač je programiran koristeći C++ programski jezik u online prevoditelju.

Ključne riječi: uređaj za hlađenje mošta, mikroupravljač FRDM KL25Z, upravljački sustav

Abstract

In this paper we presented the analysis of wine must cooling device and control system development using mbed FRDM KL25Z microcontroller and other used control components and modules. Control system was developed within the framework of the thesis on the undergraduate study of Mechatronics at Zagreb University of applied sciences. For the purposes of clearer understanding, we described parts of wine must cooling device, working mechanism and the need for control system. A method of connecting each component and module is described. Printed circuit board was designed in CircuitMaker. Microcontroller is programmed using C++ program language in mbed OS's online compiler.

Keywords: wine must cooling device, microcontroller FRDM KL25Z, control system

1. Uvod

1. Introduction

Od davnina je poznato da se grožđe proizvodi u vinogradu, a vino u podrumu. Radi postizanja kvalitete vina, vinari raspolažu s uređajima i aparatima koji omogućavaju uspjeh tokom svih tehnoloških procesa proizvodnje vina. Razvoj vinogradarstva i podrumarstva te edukacija proizvođača vina dovela je do potrebe za modernijim tehnologijama u proizvodnji vina. S padom cijena novih uređaja povećala se njihova pristupačnost proizvođačima vina [1].

Alkoholna fermentacija je faza u procesu proizvodnje vina u kojoj se mošt pretvara u vino. Tijekom tog procesa temperatura mošta se podiže na 20 °C do 30 °C. S obzirom da se veća kvaliteta i aromatizacija vina događa ako se proces odvija na 15 °C do 17 °C, cilj je regulirati temperaturu mošta. Za rashlađivanje mošta na željenu temperaturu potreban je uređaj za hlađenje mošta [2] koji radi na principu ljevokretnog procesa hlađenja [3]. Uz uređaj, potrebna je i pumpa koja će ostvarivati protok rashlađenog fluida iz uređaja te elektromagnetski ventili koji reguliraju taj protok. Radi efikasnosti uređaja, a i mogućnosti regulacije temperature od strane korisnika, potrebno je ugraditi upravljački sustav. U tu svrhu, odabrali smo mbed mikroupravljač [4], senzor temperature [5], atmosferski senzor [6] te ostale upravljačke komponente i moduli čije će karakteristike i funkcije biti detaljnije opisane u članku. U radu smo prikazali sve funkcije koje sustav upravljanja mora omogućiti te je objašnjeno ostvarivanje svake pojedine funkcije.

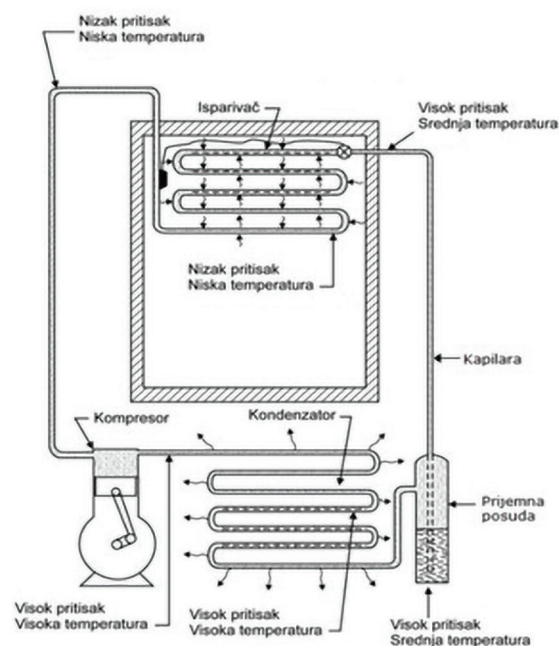
2. Uređaj za hlađenje mošta

2. *Wine must cooling device*

Uređaj za hlađenje mošta funkcionira kao rashladni uređaj koji svojim radom rashlađuje neki fluid poput vode. Rashlađeni fluid se razvodi cijevima i spiralama te rashlađuje mošt u bačvama. Rashladni proces se temelji na principu ljevokretnog procesa sa cirkulacijom radne tvari u zatvorenom sustavu. U tom sustavu radna tvar isparava (niska temperatura isparavanja) te zatim opet kondenzira u kontinuiranim ciklusima. Za održavanje rashladnog efekta potreban je stalan dovod energije ili snage u sustav te mogućnost odvođenja topline iz sustava. Da bi uređaj mogao efikasno hladiti mošt potrebno je ugraditi neku vrstu upravljanja preko koje bi korisnik mogao regulirati određene parametre poput temperature mošta u pojedinoj bačvi.

Osnovni dijelovi uređaja za hlađenje mošta su:

- Danfoss FR10G monofazni 220V kompresor
- kondenzator
- prigušna kapilara
- isparivač
- spremnik za rashlađenu vodu
- centrifugalna pumpa
- 2 elektromagnetska ventila
- razvodne cijevi i spirale



Slika 1 Ljevokretni kružni proces uređaja za hlađenje mošta [2]

Figure 1 Cooling process of wine must cooling device [2]

Na slici 1 prikazana je shema ljevokretnog procesa hlađenja sa svim osnovnim komponentama.

3. Upravljački sustav uređaja za hlađenje

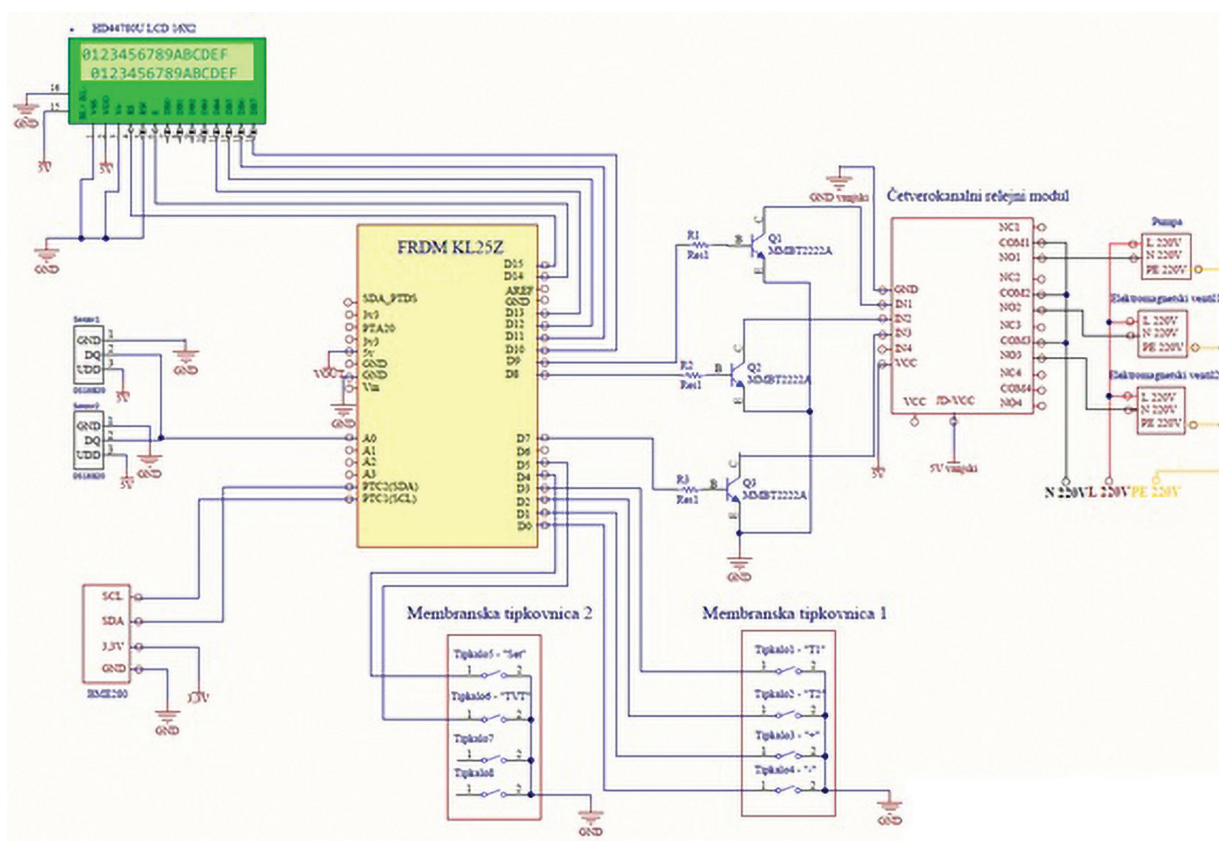
3. *Cooling device control system*

Cilj nam je upravljati uređajem koji rashlađuje dvije bačve ispunjene moštom. Upravljački sustav mora omogućavati:

- mjerenje i regulaciju temperature u obje bačve
- prikaz informacija na LCD ekranu
- upravljanje centrifugalnom pumpom
- upravljanje elektromagnetskim ventilima
- mjerenje temperature, vlage i pritiska prostorije
- odabir parametara preko sučelja s tipkalima
- uštedu energije.

U centru upravljačkog sustava nalazi se mbed mikroupravljač FRDM-KL25Z. Mbed je ARM-ova platforma bazirana na NXP mikroupravljaču FRDM-KL25Z s 32-bitnim ARM-ovim procesorom Core-M3 koji radi na frekvencijama od 48MHz. Sadrži 16 kB RAM memorije i 128 kB FLASH memorije. Može se napajati preko USB konektora ili preko vanjskog napajanja iznosa 4,5V do 9V [4].

Mjerenje temperature mošta u obje bačve ostvarili smo preko dva vodootporna temperaturna senzora DS18B20 koja su uronjena u mošt te vraćaju tražene parametre mikrokontroleru. Senzori sadrže 9 do 12 bitnu konfigurabilnu rezoluciju mjerenja. Raspon mjerenja je od -55°C do $+125^{\circ}\text{C}$ s pogreškom mjerenja $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ [5]. Atmosferski senzor BME280 daje mbed-u podatke o temperaturi, vlazi i tlaku prostorije. Raspon mjerenja tlaka je od 30 kPa do 110 kPa s pogreškom mjerenja od ± 12 Pa. Temperaturu je moguće mjeriti u rasponu od -40°C do 80°C s pogreškom od 1°C . Vлага se izražava u postocima (0 do 100%) [6].



Slika 2 Shematski prikaz spajanja [1]

Figure 2 Wiring scheme [1]

Prikaz podataka temperature u bačvama te parametrima okoline ostvarili smo koristeći LCD ekranu koji je povezan sa mbed mikroupravljačem. Na korištenom LCD ekranu, HD44780U, moguće je ispisati 16 znakova u dvije linije. Preko dvije membranske tipkovnice omogućava se korisniku odabir željenih parametara (temperature mošta u pojedinoj bačvi). Tipkovnice se sastoje od četiri tipke koje funkcionirajući kao tipkala predstavljaju ulaz digitalnih podataka. Preko četverokanalnog relejnog modula, mikrokontroler upravlja centrifugalnom pumpom i elektromagnetskim ventilima nazivnog napona 220V izmjenične struje da bi se ostvarila željena temperatura.

Kako bi se ostvarila komunikacija između mbed FRDM KL25Z mikrokontrolera te ostalih modula i komponenta potrebno ih je fizički povezati (spojiti). Za spajanje komponenti zaleмили smo žice na pinove pojedinih komponentata. Također, izradili smo tiskanu pločicu koja omogućava lakše i preglednije povezivanje određenih modula te montažu potrebnih komponenti.

Za pravilno spajanje napravili smo shematski prikaz spajanja prikazan na slici 2 prema kojem je i dizajnirana sama pločica koristeći programski alat *CircuitMaker*.

4. Princip rada upravljačkog sustava

4. Control system working principle

Korišteni mikroupravljač omogućava programiranje u online integriranom razvojnom sučelju (engl. *Integrated development environment - IDE*) nazvano „mbed Compiler“ te omogućava jednostavan prijenos na sam mbed. Korisnik ima pristup i pravo na korištenje svih postojećih sadržaja poput biblioteka, klasa i programa koje su stvorili drugi korisnici. Prednost je i u tome što nije potrebna instalacija drugih programskih alata koji zahtijevaju veliku procesorsku moć i mnogo memorije na osobno računalo. Program se piše u C++ programskom jeziku.

Kako bi efikasno regulirali temperaturu mošta i upravljali uređajem za hlađenje mošta, potrebno je znati temperaturu mošta u obje bačve te vrijednost željene temperature definirane od strane korisnika. Na temelju tih podataka mbed mikrokontroler pomoću četverokanalnog relejnog modula upravlja centrifugalnom pumpom koja ostvaruje protok rashlađenog fluida iz uređaja za hlađenje mošta kroz cijevi i spirale te elektromagnetskim ventilima koji prekidaju protok rashlađenog fluida kroz cijevi u određenu bačvu koju nije potrebno rashlađivati.

Za omogućavanje odabira parametara regulacije temperature koristili smo dvije membranske tipkovnice. U tablici 1 prikazane su funkcije svakog pojedinog tipkala. LCD ekran konstantno prikazuje temperaturu u obje bačve te ulaskom u jednu od rutina, prikazuje se i vrijednost tražene temperature mošta. Također, ispisuju se i parametri temperature, vlage i pritiska prostorije. Sustav uključujemo priključenjem 5 V DC napajanja na mbed FRDM KL25Z mikroupravljaču. Nakon priključenja sustava na napajanje, uključuje se plava LED svjetiljka na mikroupravljaču te se uključuje LCD ekran.

Na LCD ekranu se prikazuju vrijednosti trenutne temperature mošta iz prve i druge bačve čiji podaci dolaze s DS18B20 voodootpornih senzora temperature. Pritiskom na tipku označenu kao „T1“, odnosno „T2“, korisniku se omogućava odabir željenih parametara regulirane temperature u prvoj, odnosno drugoj bačvi. Nominalna temperatura postavljena je na vrijednost 30 (što predstavlja 30 °C). Korisniku je omogućeno povećavanje i smanjenje te vrijednosti za 1, pritiskom na tipku označenu kao „+“, odnosno tipku označenu kao „-“.

Nakon što korisnik podesi vrijednost regulirane temperature na željenu vrijednost, potrebno je pritiskom na tipku "SET" potvrditi odabir. Postavljanjem vrijednosti parametara regulirane temperature, koja je obično manja od stvarne izmjerene vrijednosti temperature u bačvama, prema određenom rasporedu se uključuju releji na četverokanalnom relejnom modulu. Potom pumpe koje su spojene na uključene releje ostvaruju protok hladne vode kroz cijevi i spirale te se tako rashlađuje mošt u bačvama.

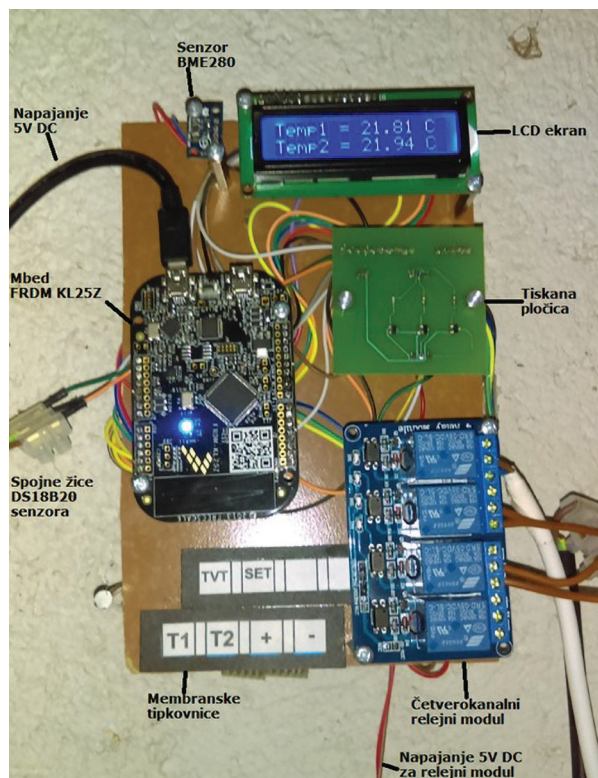
Tablica 1. Prikaz funkcije svakog tipkala [1]

Table 1. Function display of pushbuttons [1]

Tipkalo	Naziv tipkala	Funkcija
Tipkalo1 (membranska tipkovnica1)	„T1“	Deklarirano kao InterruptIn funkcija. Poziva prekidnu rutinu u kojoj se korisniku omogućuje odabir željene temperature u prvoj bačvi.
Tipkalo2 (membranska tipkovnica1)	„T2“	Deklarirano kao InterruptIn funkcija. Poziva prekidnu rutinu u kojoj se korisniku omogućuje odabir željene temperature u drugoj bačvi.
Tipkalo3 (membranska tipkovnica1)	„+“	Deklarirano kao DigitalIn. Povećava vrijednost varijable željene temperature za 1.
Tipkalo4 (membranska tipkovnica1)	„-“	Deklarirano kao DigitalIn. Smanjuje vrijednost varijable željene temperature za 1.
Tipkalo5 (membranska tipkovnica2)	„SET“	Deklarirano kao DigitalIn. Potvrđuje odabir vrijednosti željene temperature (izlazak iz prekidne funkcije).
Tipkalo6 (membranska tipkovnica2)	„TVT“	Deklarirano kao DigitalIn. Poziva funkciju u kojoj se prikazuju parametri temperature, vlage i pritiska prostorije sa senzora na LCD ekranu

Kako bi efikasno rashlađivali mošt, mbed mikroupravljač smo programirali tako da ako je vrijednost trenutne temperature mošta bilo koje bačve veća od vrijednosti unesene tražene temperature za 1 °C, mikroupravljač pomoću četverokanalnog relejnog modula uključuje centrifugalnu pumpu koja ostvaruje protok i hladi mošt. Kada se mošt u bačvama rashladi na temperaturu nižu od zadane temperature od strane korisnika, mikroupravljač isključuje pumpu. Ovaj princip hlađenja mošta se izvodi iz razloga da temperatura može rasti i padati za 1 °C te se tako izbjegava preveliki broj uključivanja i isključivanja pumpe. Ako je temperatura mošta u jednoj bačvi u skladu sa zadanim parametrima, a drugu bačvu je potrebno rashladiti, mbed preko releja uključuje elektromagnetski ventil koji prekida protok rashlađenog fluida u bačvu koju nije potrebno hladiti. Tako se štedi energija te se hladi samo ona bačva koju je potrebno hladiti.

Pritiskom i držanjem tipke označene kao „TVT” minimalno 1 s, na LCD ekranu se pojavljuju parametri temperature, vlage i tlaka prostorije koje očitava senzor BME280.



Slika 3 Upravljačka ploča montirana na zidu [1]

Figure 3 Control panel assembled on the wall [1]

Sve korištene dijelove smo uz pomoć ljepila, vijaka i matica M3 montirali na drvenu ploču dimenzija 19 cm * 12.5 cm koja je postavljena na zid radi lakšeg očitavanja vrijednosti temperature te dostupnosti za unos podataka preko membranskih tipkovnica (Slika 3).

6. Zaključak

6. Conclusion

Proizvodnja vina visoke kvalitete zahtjeva korištenje modernih tehnologija u današnjem vinarstvu. U tom je procesu jedna od najvažnijih stavki regulacija temperature mošta, a kad se radi o malim proizvođačima vina, onda je vrlo važna i relativno niska cijena primijenjene tehnologije. Zadatak upravljačkog sustava je da koristeći očitavanja senzora, upravlja pojedinim dijelovima uređaja za hlađenje (pumpom i elektromagnetskim ventilima) preko releja te ispisuje tražene parametre na LCD ekranu. Uz pomoć mbed mikroupravljača realizirani su svi zahtjevi sustava.

U ovom radu, koji je zamišljen i izrađen u okviru završnog rada na preddiplomskom stručnom studiju Mehatronike, prikazali smo implementaciju konstrukcijskih znanja, praktičnih vještina spajanja i programiranja upravljačkog sustava. Budući rad na sustavu odnosi se na praćenje poboljšanja kvalitete vina nakon implementacije predloženog sustava te pretvorba prototipa ovog uređaja u komercijalni proizvod.

7. REFERENCE

7. REFERENCES

- [1.] Cerovečki M.; Upravljanje uređajem za hlađenje mošta tokom fermentacije / Završni rad. Zagreb: Tehničko veleučilište u Zagrebu, 2018.
- [2.] <https://agroplus.rs/znanje-i-praksa-161/>
- [3.] A Sočev: „Novosti na polju rashladne tehnike“, Fakultet strojarstva i brodogradnje u Zagrebu, Zagreb, 2009, 117
- [4.] <https://os.mbed.com/platforms/KL25Z/>
- [5.] <https://e-radionica.com/hr/vodootporni-ds18b20-senzor-temperature.html>
- [6.] <https://e-radionica.com/hr/bme280-senzor-tlaka-temperature-i-vlage-e-r-made.html>

AUTORI · AUTHORS**Antonia Pender**

Rođena u Šibeniku 1993. godine. Nakon završene opće gimnazije u Šibeniku, školovanje nastavlja na Fakultetu strojarstva i brodogradnje u Zagrebu na smjeru Mehatronika i robotika. Zvanje magistre inženjerke strojarstva stječe 2017. godine nakon čega se zapošljava kao asistent na Tehničkom veleučilištu u Zagrebu.

Korespodencija

apender@tvz.hr

Marin Cerovečki

Marin Cerovečki (1996) završio je srednju školu smjer tehničar za mehatroniku u Krapini. Završio je preddiplomski stručni studij mehatronike 2018. na Tehničkom veleučilištu u Zagrebu te postao stručni prvostupnik inženjer mehatronike. Trenutno (2018) je upisan na magistarski studij mehatronike na Fakultetu za elektrotehniku, računalništvo i informatiku u Mariboru.

Toni Bjažić

Rođen je 1980. godine, Diplomirao je 2004. i doktorirao 2010. na Fakultetu elektrotehnike i računarstva, Sveučilišta u Zagrebu. Od 2004. do 2012. radio je kao asistent i viši asistent na Fakultetu elektrotehnike i računarstva, a od 2012. radi na Tehničkom veleučilištu u Zagrebu kao viši predavač, te od 2017. kao profesor visoke škole. Područja njegovog znanstveno-istraživačkog i stručnog interesa su optimalno i adaptivno upravljanje procesima, posebno elektromotornim pogonima, zatim napredno upravljanje sustavima s obnovljivim izvorima energije i elektroničkim energetske pretvaračima, te ugradbeni računalni sustavi.

Korespodencija

toni.bjazic@tvz.hr